



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월27일
(11) 등록번호 10-1791073
(24) 등록일자 2017년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/18 (2006.01) B23Q 15/007 (2006.01)
B23Q 15/013 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 19/18 (2013.01)
B23Q 15/007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0050553
(22) 출원일자 2016년04월26일
심사청구일자 2016년04월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP2010280028 A*
JP10177406 A*
KR100676626 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
정윤교
경상남도 창원군 성산면 구연화길 98
황종대
제주특별자치도 제주시 해안마을북길 13-13, 103
동 402호(해안동, 제일일출연립주택)
(74) 대리인
특허법인가산

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 강석제

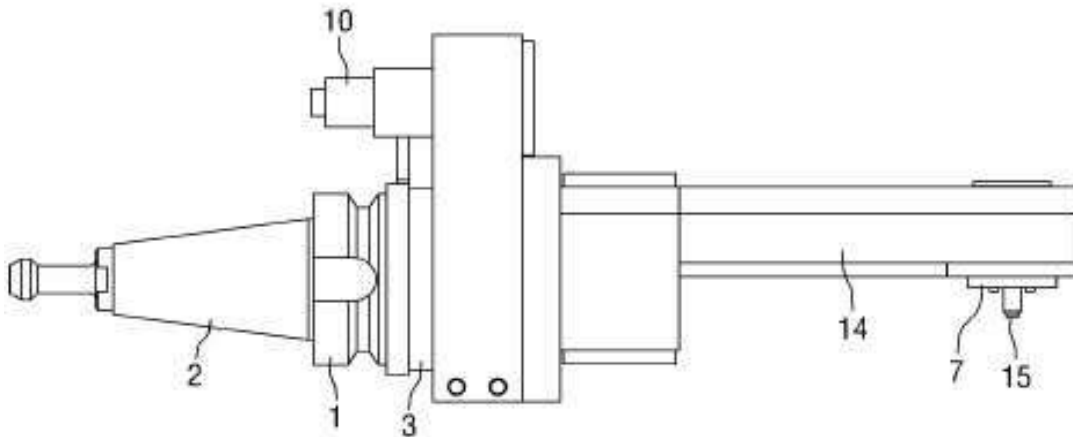
(54) 발명의 명칭 앵글헤드 스펀들을 이용한 5축 가공용 포스트 프로세서

(57) 요약

본 발명은 5축 가공용 포스트 프로세서에 있어서, 상기 5축 가공용 5축 가공기는 앵글헤드 스펀들을 포함하고, 상기 앵글헤드 스펀들을 포함하는 경우의 5축 가공용 포스트 프로세서는 주어진 공구자세 및 공구위치 벡터인 CL(Cutter location)데이터를 해당 가공기의 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control)데이터로 변환하되, 상기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



NC(Numerical control)데이터는 하기 수학적 식 (1)이고, θ_i 는 하기 수학적 식 (2)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용
 포스트 프로세서에 관한 것으로, 앵글헤드를 부착한 5축가공용 포스트프로세서를 통하여, 복잡한 형상의 내면가
 공에 대한 NC 프로그램의 정확도와 편의성을 증대시킬 수 있다.

$$NC = P_{NC}, \theta_i, \theta_j \dots \text{수학적 식 (1)}$$

$$K_{ij} : \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}}{u_j} \right) + \alpha \dots \text{수학적 식 (2)}$$

(52) CPC특허분류

B23Q 15/013 (2013.01)

G05B 2219/49344 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

5축 가공용 포스트 프로세서에 있어서,

상기 5축 가공용 5축 가공기는 앵글헤드 스피ن들을 포함하고,

상기 앵글헤드 스피ن들을 포함하는 경우의 5축 가공용 포스트 프로세서는 주어진 공구자세 및 공구위치 벡터인 CL(Cutter location)데이터를 해당 가공기의 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control)데이터로 변환하되,

상기 NC(Numerical control)데이터는 하기 수학적식 (1)이고, θ_i 는 하기 수학적식 (2)이며, TT-TR-AC 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학적식 (7)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서.

$$NC = P_{NC}, \theta_i, \theta_j \dots \text{수학적식 (1)}$$

(상기 수학적식 (1)에서 θ_j 는 로테이션각이고, θ_i 는 틸트각이며, P_{NC} 는 NC 데이터의 위치벡터임.)

$$K_{ij} : \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}}{u_j} \right) + \alpha \dots \text{수학적식 (2)}$$

(상기 수학적식 (2)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, u_i , u_j , u_k 는 CL 데이터의 공구자세 벡터 성분이며, α 는 앵글헤드의 초기 경사각이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1 T_2 T_3 \text{ in TT-TR-Angle head} \dots \text{수학적식 (7)}$$

(상기 수학적식 (7)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, P_{CL} 는 CL 데이터의 위치벡터이며, $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, $T_2 = R_j(-\theta_j)$ 이며, $T_3 = R_i(-\theta_i)$ 이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수학적식 (1)의 상기 θ_j 는 하기 수학적식 (3)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서.

$$K_{ij} : \theta_j = \cos^{-1} \left(\frac{u_k}{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}} \right) \dots \text{수학적식 (3)}$$

(상기 수학적식 (3)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, u_i , u_j , u_k 는 CL 데이터의 공구자세 벡터 성분이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

청구항 3

제 1 항에 있어서,

HT-HR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (4)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서.

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1 \text{ in HT-HR} \quad \dots \text{수학식 (4)}$$

(상기 수학식 (4)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미하고, P_{CL} 는 CL테이터의 위치벡터이며, $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

청구항 4

제 1 항에 있어서,

HT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (5)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서.

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_1 \text{ in HT-TR} \quad \dots \text{수학식 (5)}$$

(상기 수학식 (5)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미하고, P_{CL} 는 CL테이터의 위치벡터이며, $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, $T_2 = R_j(-\theta_j)$ 이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

청구항 5

제 1 항에 있어서,

TT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (6)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서.

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_3 \text{ in TT-TR} \quad \dots \text{수학식 (6)}$$

(상기 수학식 (6)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미하고, P_{CL} 는 CL테이터의 위치벡터이며, $T_2 = R_j(-\theta_j)$ 이고, $T_3 = R_i(-\theta_i)$ 이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 앵글헤드 스피들을 이용한 5축 가공용 포스트 프로세서에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 복잡한 형상의 내면가공에 대한 NC 프로그램의 정확도와 편의성을 증대시킬 수 있는 앵글헤드 스피들을 이용한 5축 가공용 포스트 프로세서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 5축 가공은 3개의 직선 이송축에 2개의 회전 이송축이 조합되어 다양한 형태의 공구자세벡터를 구현할 수 있다. 임의의 가공점에서의 공구자세벡터는 무한대이나 5축가공기의 구조, 가공형상에 따른 간섭회피와 가공 효율을 최적화하기 위한 공구자세 및 이동 경로 계획에 따라 단 하나의 유효한 공구자세를 결정하게 된다.

[0003] 이때, 5축가공기의 구조를 가장 먼저 고려하게 되는데 5축가공기는 직선이송축에 조합된 회전이송축의 형태에 따라 크게 TT-TR(Table tilting, table rotation) 타입, HT-TR(Head tilting, table rotation) 타입 및 HT-HR 타입으로 구분될 수 있다.

[0004] 이때, Table에는 공작물이 장착되고, Head에는 스피들이 장착되며, 임의의 각도 한계내에서 회전하는 이송을 Tilting이라고 하고, 무한회전하는 이송을 Rotation이라 한다.

[0005] 이 중에서 공작물의 가공 특성에 가장 적합한 메커니즘을 선택하게 되면 대부분의 5축가공은 구현된다.

[0006] 하지만 부품의 내부나 원통 내면의 축에 임의각도로 경사진 형상을 가공할 경우 가공할 형상의 법선 벡터와 공

구 축 백터가 불일치하여 5축 가공으로도 가공이 불가능한 경우가 발생한다.

- [0007] 예를 들어, 원통 내면에서 원통 중심축에 대하여 경사진 형태의 포켓가공에 가장 적합한 타입은 HT-HR 타입이지만 원통의 내경이 작고 깊이가 깊은 경우에는 Head의 삽입이 불가능하게 되므로 원하는 각도로 틸팅할 수 없게 된다.
- [0008] 특히, 유정압베어링의 내면 오일 포켓홈과 같이 복잡다양한 내부 형상가공이 요구되는 경우 5축가공이 불가능하므로 부가적으로 총형커터를 사용하거나 소재 자체를 분할하여 형상가공을 수행한 후 재접합하게 된다.
- [0009] 하지만, 이러한 기술은 총형공구 제작 비용 상승, 다중셋업에 의한 치구 비용 증가 및 정밀도 저하의 문제가 발생하므로, 이러한 문제를 해소하기 위하여 내면가공 시 공구축백터를 원하는 각도로 회전하여 가공형상의 법선 백터를 일치시킴으로써 효과적인 5축가공을 수행할 수 있는 앵글헤드 스핀들(이하, 앵글헤드)이 개발되어 다양한 적용이 이루어지고 있다.
- [0010] 일반적인 앵글헤드는 머시닝센터나 보링머신 등의 공작기계에서 절삭작업을 수행하기 위하여 공작기계의 스핀들이 수직방향으로 구성되어있는 경우가 많은데, 피가공물이 구조상 수평으로 내경가공을 해야 할 경우에 공작기계의 스핀들에 장착하여 사용하는 장치이다.
- [0011] 보다 구체적으로, 5축 가공으로도 가공하기 어려운 공작물 내면이나 틸팅한계를 벗어나는 형상에 대하여 효과적으로 사용할 수 있는 앵글헤드는 메인스핀들의 회전을 앵글헤드 내부의 베벨기어 메커니즘을 통하여 직교 혹은 임의 각도로 운동을 전달할 수 있도록 되어 있다.
- [0012] 현재 앵글헤드를 적용하는 주요한 가공부는 항공기 부품 내면 형상, 자동차나 선박의 엔진블럭 및 브레이크 모노블럭 포켓형상, 유정압 베어링의 오일포켓 형상을 비롯한 다양한 형상의 내면 가공부이다.
- [0013] 이때, 앵글헤드를 사용한 5축가공을 구현하기 위한 핵심이슈는 포스트프로세싱이다. 5축가공에서 포스트프로세싱이란 주어진 공구자세 및 공구위치 백터인 CL(Cutter location)데이터를 해당 가공기의 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control)데이터로 변환하는 작업을 의미하며 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으나, 현재까지는 앵글헤드를 사용한 5축가공용 포스트프로세싱에 대한 연구는 거의 없었다.
- [0014] 한편, 앵글헤드를 장착한 5축가공기는 가공하기 어려운 내면 형상에 대한 접근성이 용이하고 자유도가 높아진 반면 포스트프로세싱의 구현이 좀 더 복잡해진다.
- [0015] 따라서 주어진 5축가공기 메커니즘과 앵글헤드의 기하학적 관계를 명확히 파악하고 간섭 및 충돌이 발생하지 않는 포스트프로세싱이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1415974호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 앵글헤드 스핀들을 사용하여 원통 내면 형상을 효과적으로 5축가공하기 위한 포스트프로세서를 개발함으로써 복잡한 형상의 내면가공에 대한 NC 프로그램의 정확도와 편의성을 증대시킬 수 있는 앵글헤드 스핀들을 이용한 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0018] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은 5축 가공용 포스트 프로세서에 있어서,
- [0020] 상기 5축 가공용 5축 가공기는 앵글헤드 스핀들을 포함하고,

[0021] 상기 앵글헤드 스핀들을 포함하는 경우의 5축 가공용 포스트 프로세서는 주어진 공구자세 및 공구위치 벡터인 CL(Cutter location)데이터를 해당 가공기의 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control)데이터로 변환하되,

[0022] 상기 NC(Numerical control)데이터는 하기 수학적 식 (1)이고, θ_i 는 하기 수학적 식 (2)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

[0023]
$$NC = P_{NC}, \theta_i, \theta_j \dots \text{수학적 식 (1)}$$

[0024] (상기 수학적 식 (1)에서 θ_j 는 로테이션각이고, θ_i 는 틸트각이며, P_{NC} 는 NC 데이터의 위치벡터임.)

[0025]
$$K_{ij} : \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}}{u_j} \right) + \alpha \dots \text{수학적 식 (2)}$$

[0026] (상기 수학적 식 (2)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, u_i, u_j, u_k 는 CL 데이터의 공구자세 벡터 성분이며, α 는 앵글헤드의 초기 경사각이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

[0027] 또한, 본 발명은 상기 수학적 식 (1)의 상기 θ_j 는 하기 수학적 식 (3)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

[0028]
$$K_{ij} : \theta_j = \cos^{-1} \left(\frac{u_k}{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}} \right) \dots \text{수학적 식 (3)}$$

[0029] (상기 수학적 식 (3)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, u_i, u_j, u_k 는 CL 데이터의 공구자세 벡터 성분이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

[0030] 또한, 본 발명은 HT-HR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학적 식 (4)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

[0031]
$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1 \text{ in HT-HR} \dots \text{수학적 식 (4)}$$

[0032] (상기 수학적 식 (4)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, P_{CL} 는 CL 데이터의 위치벡터이며, $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

[0033] 또한, 본 발명은 HT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학적 식 (5)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

[0034]
$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_1 \text{ in HT-TR} \dots \text{수학적 식 (5)}$$

[0035] (상기 수학적 식 (5)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k는 각각 회전중심축 x, y, z를 의미하고, P_{CL} 는 CL 데이터의 위치벡터이며, $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, $T_2 = R_j(-\theta_j)$ 이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

[0036] 또한, 본 발명은 TT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학적 식 (6)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_3 \text{ in TT-TR}$$

[0037] ... 수학식 (6)

[0038] (상기 수학식 (6)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미하고, P_{CL} 는 CL테이터의 위치벡터이며, $T_2=R_j(-\theta_j)$ 이고, $T_3=R_i(-\theta_i)$ 이며, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

[0039] 또한, 본 발명은 TT-TR-AC 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (7)인 것을 특징으로 하는 5축 가공용 포스트 프로세서를 제공한다.

$$K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1 T_2 T_3 \text{ in TT-TR-Angle head}$$

[0040] ... 수학식 (7)

[0041] (상기 수학식 (7)에서 K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미하고, P_{CL} 는 CL테이터의 위치벡터이며, $T_1=T(t_i, t_j, t_k)$ 이고, $T_2=R_j(-\theta_j)$ 이며, $T_3=R_i(-\theta_i)$ 이고, K_{ij} 는 AB 타입의 메카니즘임.)

발명의 효과

[0042] 이상과 같은 본 발명에서는, 앵글헤드를 부착한 5축가공용 포스트프로세서를 통하여, 복잡한 형상의 내면가공에 대한 NC 프로그램의 정확도와 편의성을 증대시킬 수 있다.

[0043] 또한, 본 발명에서는 앵글헤드를 장착한 5축가공기 메커니즘에 대한 역기구해를 제시할 수 있으며, 공구선단점 제어 문제를 해결하기 위한 게이지길이 반영 등 정확한 포스트프로세스 개발을 위한 이론적 토대를 수립하여, 기존에 개발한 E-POST에 추가로 앵글헤드 5축가공 메커니즘 모듈을 탑재할 수 있다.

[0044] 본 발명에 따른 효과는 이상에서 예시된 내용에 의해 제한되지 않으며, 더욱 다양한 효과들이 본 명세서 내에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명의 일예에 따른 내경 가공용 앵글헤드를 도시하는 정면도이고, 도 2는 본 발명의 일예에 따른 내경 가공용 앵글헤드를 도시하는 평면도이며, 도 3은 도 1의 A-A 선에 따른 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 앵글헤드의 이용한 5축 가공을 도시하는 개념도이다.

도 5는 회전 이송에 따른 앵글헤드의 가공 종류를 도시하는 개념도이다.

도 6은 회전이송축의 부가방식에 따른 5축 가공기를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 7은 5축 가공기의 5가지 메커니즘을 도시하는 도면이다.

도 8은 앵글헤드의 중심축에서 공구 끝단까지 돌출된 게이지 길이를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 5축 가공용 포스트 프로세서를 구현한 예를 도시한 도면이다.

도 10은 시편에 대한 앵글헤드 5축가공 머신 시뮬레이션을 도시한 도면이고, 도 11은 실제 가공결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0047] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0048] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이

다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

- [0049] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0050] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0051] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)" 또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0052] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0053] 도 1은 본 발명의 일예에 따른 내경 가공용 앵글헤드를 도시하는 정면도이고, 도 2는 본 발명의 일예에 따른 내경 가공용 앵글헤드를 도시하는 평면도이며, 도 3은 도 1의 A-A 선에 따른 단면도이다.
- [0054] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일예에 따른 내경 가공용 앵글헤드는 중심이 되는 하우징(1), 공작기계 스핀들에 연결되는 톨 샹크부(2), 앵글스핀들의 회전이 시작되는 메인샤프트(3), 회전력의 방향을 변환하는 베벨기어(4), 베벨기어를 조합하여 구성하는 기어바디(14), 공구를 방향전환 하여 회전시켜주는 앵글스핀들 축(7), 앵글헤드를 공작기계스핀들에 고정시키는 스핀들 고정장치(10), 피가공체의 가공을 위한 공구(15)를 포함할 수 있다.
- [0055] 이때, 상기 공구(15)는 엔드밀(endmill)일 수 있으며, 다만, 본 발명에서 상기 공구의 종류를 제한하는 것은 아니다..
- [0056] 상기 앵글헤드는 상기 하우징(1)의 상측에 원뿔형상의 톨 샹크부(2)가 하우징(1) 내에서 회전가능하게 돌출되어 형성하고, 돌출된 톨 샹크부(2)는 공작기계의 스핀들에 장착될 수 있다.
- [0057] 또한, 상기 톨 샹크부(2)의 아래쪽으로는 베어링에 의하여 지지되는 메인샤프트(3)가 연결되어 형성되며, 메인샤프트(3)에는 베벨기어(4)가 결합되고, 베벨기어(4)는 메인샤프트(3)와 90° 방향으로 교차되는 방향 변환 샤프트(5)에 구비되는 베벨기어와 연결되어 메인샤프트(3)에서 전달되는 구동력의 회전방향을 90° 로 변환시킬 수 있다.
- [0058] 상기 방향 변환 샤프트(5)의 베벨기어(4)에 의하여 회전방향이 90° 로 변환된 구동력은 방향 변환 샤프트(5)의 일측에 메인샤프트(3)와 나란하게 구비된 스퍼기어(6)에 의하여 아래쪽에 위치한 스퍼기어(60)과 치합되면서 구동력을 전달할 수 있고, 스퍼기어(6, 60, 62, 64, 66)는 다단계로 형성되어 구동력을 앵글헤드의 하단부에 설치된 절삭공구를 수용하는 앵글스핀들 축(7)으로 전달하며, 앵글스핀들 축(7)에 전달되는 구동력은 공작기계 스핀들의 수직방향에서 수평방향으로 회전하게 되도록 구성될 수 있다.
- [0059] 이때, 앵글헤드를 공작기계 스핀들에 설치하여 사용할 수 있게 하기 위해서는 앵글헤드가 고정되어있어야 하는데, 이를 위해서 하우징(1)에 조립된 고정바디(13)의 상부에 스핀들 고정장치(9)가 설치될 수 있다.
- [0060] 상기 스핀들 고정장치(9)는 하우징(1)의 일측면에 돌출되어 형성된 부분에 내장되고, 스프링(12)으로 탄력 지지되는 노즐(10)이 설치되며 노즐(10)이 공작기계의 스핀들 한쪽을 탄력 접촉하면서 하우징(1)이 톨 샹크부(2)를 따라서 회전하는 것을 방지하게 되도록 구성될 수 있다.
- [0061] 또한, 상기 노즐(10)이 스프링(12)에 의해 상하로 작동할 경우 이에 직교하는 방향으로 핀(11)이 설치되어 노즐

과 같이 상하로 작동할 수 있다. 노즐(10)이 공작기계 스핀들과 접촉하여 하강할 경우 핀(11)도 같이 하강하여 하우징(1)의 핀 설치 절개부에서 벗어나면서 하우징(1)이 공작기계 스핀들의 회전력이 전달되어 앵글스핀들 축(7)을 회전시키고 앵글스핀들 축(7)에 조립된 콜렛(8)과 공구(15)를 회전시켜 가공을 하게 된다.

- [0062] 이하에서는 본 발명에 따른 앵글헤드의 적용을 더욱 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0063] 도 4는 본 발명에 따른 앵글헤드의 이용한 5축 가공을 도시하는 개념도이다.
- [0064] 도 4를 참조하면, 일반적인 가공에서는 도 4a에서와 같이 측면가공부의 법선벡터 n 과 스핀들의 축벡터 u 가 불일치하게 되어 가공이 불가능하게 된다.
- [0065] 따라서, 도 4b에서와 같이 앵글헤드를 사용하여 법선벡터와 공구축벡터를 일치시키는 것이며, 이 경우, 앵글헤드의 확장된 자유도로 인해 도 4c에서와 같은 측면가공 및 도 4d에서와 같은 내면가공이 가능하다.
- [0066] 도 5는 회전 이송에 따른 앵글헤드의 가공 종류를 도시하는 개념도이다.
- [0067] 도 5를 참조하면, 도 5a는 수직방향의 홈가공으로 회전이송이 필요하지 않은 3축 직선 절삭사례에 해당하고, 도 5b는 반경방향의 홈가공으로 로테이션에 의한 회전이송만이 추가되므로 4축가공이 되며, 도 5c는 내면의 모떼기 부를 가공하는 개념도로 틸팅과 로테이션의 2개 회전이송이 동시에 필요하므로 5축가공에 해당한다.
- [0068] 따라서 주어진 형상에 따라 적절한 5축가공과 앵글헤드의 조합 및 적용이 필요하다.
- [0069] 한편, 포스트 프로세싱이란, 예를 들어, 5축가공 프로세스에서, 공구의 위치벡터 r_u 와 자세벡터 u 로 이루어진 CL(Cutter location) 데이터를 해당 기계의 메커니즘에 맞는 위치벡터 r_u 와 틸트각 θ 및 로테이션각 ϕ 로 이루어진 NC(Numerical Control) 데이터로 변환하는 작업을 의미한다.
- [0070] 5축 가공기는 회전이송축이 Table과 Spindle에 부가되는 방식에 따라 다양한 형태의 메커니즘을 나타내므로 동일한 CL 데이터더라도 상이한 NC 데이터를 출력하게 된다.
- [0071] 따라서 해당 메커니즘에 대한 역기구해 문제를 정의하여 원하는 출력값을 정확하게 얻어야 한다.
- [0072] 특히 앵글헤드가 추가된 5축가공기의 메커니즘은 좀 더 복잡해지고, 공구선단점 제어시 돌출된 공구길이 만큼 보상해주어야 하는 등 기술적 고려사항이 추가된다.
- [0073] 따라서, 본 발명은 다양한 형태의 5축가공 메커니즘에 대한 범용성을 확장하고 사용자의 편의성을 극대화하기 위하여, 5축가공을 위한 포스트프로세서에 추가하여 앵글헤드 장착 5축가공 메커니즘(이하, 앵글헤드 메카니즘이라 함)을 개발하였다.
- [0074] 도 6은 회전이송축의 부가방식에 따른 5축 가공기를 설명하기 위한 개략적인 도면이다.
- [0075] 도 6을 참조하면, 5축 가공기는 회전이송축이 Table과 Spindle에 부가되는 방식에 따라 세가지 형태로 구분되며, 주로 대형공작물이나 삼차원측정기 등에 사용되는 HT-HR 타입(도 6a), 중대형 공작물이나 Turn-mill 복합가공에 사용되는 HT-TR 타입(도 6b) 및 소형 정밀 공작물의 5축 가공에 사용되는 TT-TR 타입(도 6c)으로 구분될 수 있다.
- [0076] 일반적인 정의는 다음과 같다.
- [0077] (a) HT-HR (Head Tilting and Head Rotating configuration) : Head (=spindle)-tilting with two rotations on the head
- [0078] (b) HT-TR (Head Tilting and Table Rotating configuration) : Table/spindle-tilting with one rotation each on the table and spindle
- [0079] (c) TT-TR (Table Tilting and Table Rotating configuration) : Table-tilting with two rotations on the table
- [0080] 보다 구체적으로, 5축 가공기는 크게 3가지 형태의 메커니즘을 갖는데, 첫째는 회전하고 틸팅하는 2개의 회전이송 축을 주축에 장착하는 것(Head Tilting - Head Rotation, 이하, HT-HR)이며, 둘째는 3축 밀링 기계에 로테이션과 틸팅을 수행하는 2축 로터리 테이블을 올려놓는 것(Table Tilting - Table Rotation, 이하, TT-TR)이며, 마지막으로 로터리 테이블과 틸팅이 가능한 회전공구 축을 갖는 것(Head Tilting - Table Rotation, 이하, HT-TR)이다.

[0081] 또한, 이상의 세 가지로 구분한 메커니즘은 또다시 무한회전을 하는 로테이션 각과 유한회전을 하는 틸팅 각의 조합방식에 따라 각각 AB, AC, BC 타입으로 나누어지므로 총 9가지 메커니즘이 파생되며 수평형과 수직형 밀링에 각각 정의하면 총 18가지가 될 수 있다.

[0082] 도 7은 5축 가공기의 5가지 메커니즘을 도시하는 도면이다.

[0083] 즉, 도 7에서는 상기의 여러 가지 5축 가공기의 조합 중에서 현재 가장 널리 보급되어 사용되는 5가지의 메커니즘을 도시하였는데, 본 발명에 범용성을 부가하기 위한 것으로 기구학적 해를 얻기 위하여 공구자세 축의 단위 벡터를 사용한 역함수로부터 로테이션 각과 틸팅 각을 구한 후 이들을 이용하여 파트좌표계를 머신좌표계로 맵핑한다.

[0084] 이러한 장비들의 틸트각과 로테이션각은 다음의 수학적 식 (1) 및 수학적 식 (2)와 같이 역기구 해로부터 구할 수 있다.

$$K_{ij} : \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}}{u_j} \right) \quad \dots \text{수학적 식 (1)}$$

$$K_{ij} : \theta_j = \cos^{-1} \left(\frac{u_k}{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}} \right) \quad \dots \text{수학적 식 (2)}$$

[0087] 이때, 앵글헤드 스핀들의 경우 베벨기어 등에 의한 초기 경사각(α)를 틸트각 유도 시 추가하게 되어, 하기 수학적식(3)과 같이 구할 수 있다.

$$K_{ij} : \theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{u_i^2 + u_k^2}}{u_j} \right) + \alpha \quad \dots \text{수학적 식 (3)}$$

[0089] 여기서, K_{ij} 의 하첨자 i, j, k 는 각각 회전중심축 x, y, z 를 의미한다.

[0090] 즉, K_{ij} 는 AB 타입을, K_{ik} 는 AC 타입을, K_{jk} 는 BC 타입의 메커니즘을 나타낸다.

[0091] 또한, θ_i 는 유한회전각인 틸트각, α 는 앵글헤드의 초기 경사각, θ_j 는 무한회전각인 로테이션각을 나타내며, u_i, u_j, u_k 는 CL 데이터의 공구자세 벡터 성분이다.

[0092] 상기와 같은 틸트각과 로테이션각이 구해지면 아래의 수학적 식 (4), 수학적 식 (5) 및 수학적 식 (6)을 이용하여, CL 데이터의 위치벡터를 NC 데이터의 위치벡터로 변환할 수 있으며, 결과적으로 최종 NC 데이터는 하기 수학적 식 (8)과 같이 구할 수 있다.

[0093] 한편, 본 발명에서 앵글헤드를 장착한 일예의 메커니즘인 TT-TR 타입 장비는 하기 수학적 식 (7)과 같이 2개의 회전 이송에 추가적으로 이동변환행렬인 $T_1 = T(t_i, t_j, t_k)$ 을 추가하여야 한다.

[0094] TT-TR-AC 타입인 경우, 공구선단점 제어 시 오차가 발생하므로 오프셋량 t_j 를 고려하여 이동변환을 추가적으로 수행하여야 한다.

[0095] 도 8은 앵글헤드의 중심축에서 공구 끝단까지 돌출된 게이지 길이를 설명하기 위한 도면이다.

[0096] 상기 t_j 는 도 8과 같이 앵글헤드의 중심축에서 공구 끝단까지 돌출된 게이지 길이인 g/l 를 의미한다.

[0097] $K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1$ in HT-HR ... 수학식 (4)

[0098] $K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_1$ in HT-TR ... 수학식 (5)

[0099] $K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_2 T_3$ in TT-TR ... 수학식 (6)

[0100] $K_{ij} : P_{NC} = P_{CL} T_1 T_2 T_3$ in TT-TR-Angle head ... 수학식 (7)

[0101] $NC = P_{NC}, \theta_i, \theta_j$... 수학식 (8)

[0102] 상기 수학식 (4) 내지 (8)에서, $T_1=T(t_i, t_j, t_k)$, $T_2=R_j(-\theta_j)$, $T_3=R_i(-\theta_i)$ 이고, P_{NC} 는 NC 데이터의 위치벡터이고, P_{CL} 는 CL데이터의 위치벡터이다.

[0103] 본 발명은 앵글헤드 스핀들을 이용한 5축 가공용 포스트 프로세서에 관한 것으로, 로테이션각, 틸팅각 및 기계 좌표로 맵핑한 위치데이터를 통하여 주어진 CL(Cutter location) 데이터를 각 기계 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control) 데이터로 변환하는 것을 특징으로 하며, 이때, NC 데이터는 상기 수학식 (8)과 같다.

[0104] 즉, 본 발명은 5축 가공용 포스트 프로세서에 있어서, 상기 5축 가공용 5축 가공기는 앵글헤드 스핀들을 포함하고, 상기 앵글헤드 스핀들을 포함하는 경우의 5축 가공용 포스트 프로세서는 주어진 공구자세 및 공구위치 벡터인 CL(Cutter location)데이터를 해당 가공기의 메커니즘에 맞는 NC(Numerical control)데이터로 변환하되, 상기 NC(Numerical control)데이터는 수학식 (8)인 것을 특징으로 한다.

[0105] 이때, 상기 수학식 (8)에서, θ_j , 즉, 무한회전각인 로테이션각은 수학식 (2)와 같고, θ_i , 즉, 유한회전각인 틸트각은 수학식 (3)과 같으며, 수학식 (3)에서 α 는 앵글헤드의 초기 경사각에 해당한다.

[0106] 또한, 상기 수학식 (8)에서 HT-HR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (4)이고, HT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (5)이며, TT-TR 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (6)에 해당하며, 또한, TT-TR-AC 타입의 경우의 P_{NC} 는 수학식 (7)에 해당한다.

[0107] 본 발명에서의 파라미터를 정리하면 하기 표 1과 같다.

표 1

Parameters	Definition
i	rotation axis that rotates around x- axis
j	rotation axis that rotates around y- axis
k	rotation axis that rotates around z- axis
u_i	cutter posture vector component in x- axis of CL
u_j	cutter posture vector component in y- axis of CL
u_k	cutter posture vector component in z- axis of CL
θ_i	tilt angle rotating in finite range
θ_j	tilt angle rotating in finite range
α	initial tilt angle of the angle head
K_{ij}	mechanism of AB type with i and j
K_{ik}	mechanism of AB type with i and k
K_{jk}	mechanism of AB type with j and k
T	translational transformation matrix
R	rotational transformation matrix
P_{CL}	position vector of cutter location(CL) data
P_{NC}	position vector of numerical control(NC) data

[0108]

[0109] 도 9는 5축 가공용 포스트 프로세서를 구현한 예를 도시한 도면이다.

[0110] 도 9를 참조하면, 제시한 알고리즘을 기반으로 Visual Basic 6.0 프로그램을 활용하여 도 9와 같은 5축가공용 포스트프로세서를 구현하였으며, 앵글헤드 메커니즘이 선택된 화면으로 해당메커니즘을 메인 탭에서 선택하고 게이지길이(G/L Input)를 입력한 후 직선이송축과 회전이송축의 스트로크 한계값(Machine Limit command)을 입력하고 공작물 좌표계(Origin offset command) 설정값을 입력하면 포스트프로세서를 구동하기 위한 환경 설정이 완료된다.

[0111] 환경설정이 완료되면 변환하고자 하는 CL 데이터를 입력(Data Input command)한 후 출력하고자 하는 데이터 형식을 NC translator 대화상자에서 선택함으로써 원하는 포스트프로세싱을 수행할 수 있다.

[0112] 도 9의 우측 상단은 CL 데이터 입력 화면이고 우측 하단은 NC 데이터 출력 화면을 보여준다.

[0113] 이하에서는 본 발명에 따른 모의가공 및 5축 가공을 설명하기로 한다.

[0114] 도 10은 시편에 대한 앵글헤드 5축가공 머신 시뮬레이션을 도시한 도면이고, 도 11은 실제 가공결과를 도시한 도면이다.

[0115] 먼저, 도 10을 참조하면, 가공시편에 대한 공구경로를 생성하여 CL 데이터를 출력하고 개발한 포스트프로세서를 사용하여 NC 데이터로 변환한 후에는 변환된 NC 데이터에 대한 정확도를 파악하기 위하여 머신 시뮬레이션 기법을 사용하여 모의 가공을 수행한다.

[0116] 머신 시뮬레이션을 통한 모의 가공은 5축가공 시에 발생할 수 있는 미절삭, 과절삭, 충돌, 간섭, 이송한계 초과 등 다양한 문제를 사전에 파악하여 수정할 수 있는 장점을 가지므로 실제 앵글헤드 5축장비와 동일한 형상의 기구 모델링이 수행되었으며 각 이송축 메커니즘의 연결, 구동 관계 및 이송한계를 설정해 줌으로써 안전한 가공이 되도록 할 수 있다.

[0117] 이후, 커팅 시뮬레이션 결과를 통하여 검증된 NC 데이터는 앵글헤드가 부착된 5축가공기에 전송함으로써 도 11과 같은 가공 결과를 얻을 수 있었다.

[0118] 이상과 같이, 본 발명에서는 앵글헤드를 부착한 5축가공용 포스트프로세서를 통하여, 복잡한 형상의 내면가공에 대한 NC 프로그램의 정확도와 편의성을 증대시킬 수 있다.

[0119] 보다 구체적으로, 본 발명에서는 앵글헤드를 장착한 5축가공기 메커니즘에 대한 역기구해를 제시할 수 있으며, 공구선단점 제어 문제를 해결하기 위한 게이지길이 반영 등 정확한 포스트프로세스 개발을 위한 이론적 토대를

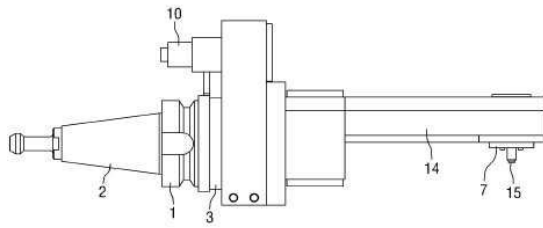
수립하여, 기존에 개발한 E-POST에 추가로 앵글헤드 5축가공 메커니즘 모듈을 탑재할 수 있다.

[0120] 또한, 본 발명에서는 TT-TR 타입 5축가공기에 앵글헤드를 장착한 후 유정압 베어링의 내면 오일포켓홈과 유사한 시편을 모델링하고 5축가공을 수행함으로써 개발한 포스트프로세서의 정확도를 검증하였다.

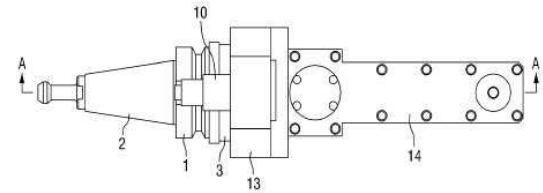
[0121] 앞에서 설명되고, 도면에 도시된 본 발명의 일 실시예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 보호범위는 청구범위에 기재된 사항에 의하여만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 변경하는 것이 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 될 것이다.

도면

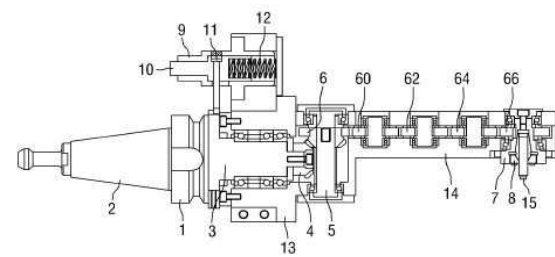
도면1



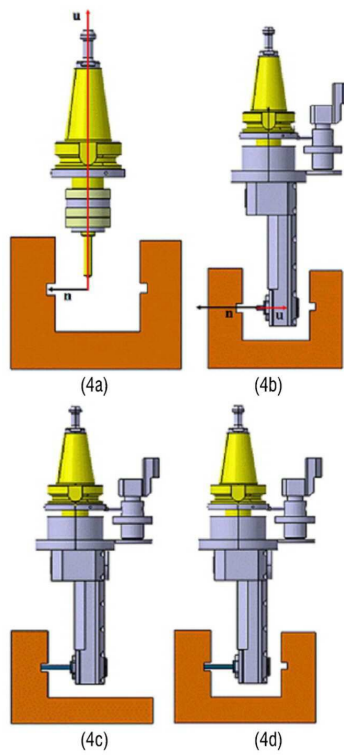
도면2



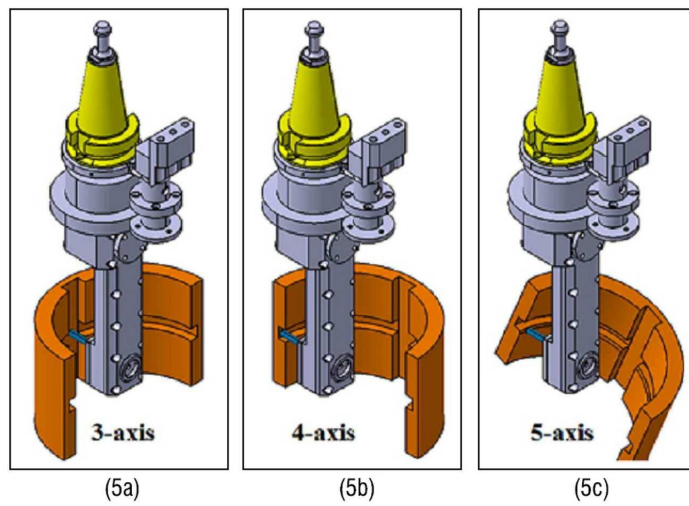
도면3



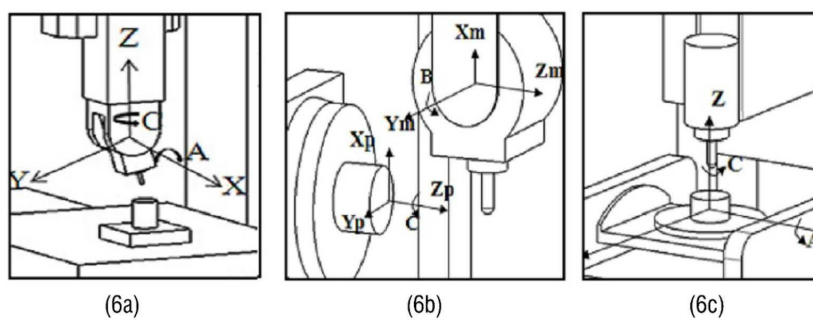
도면4



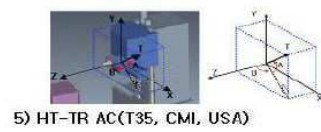
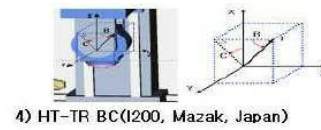
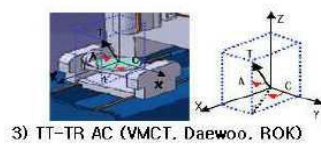
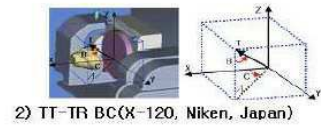
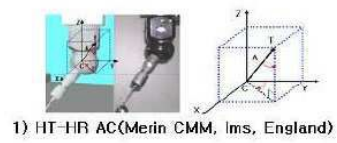
도면5



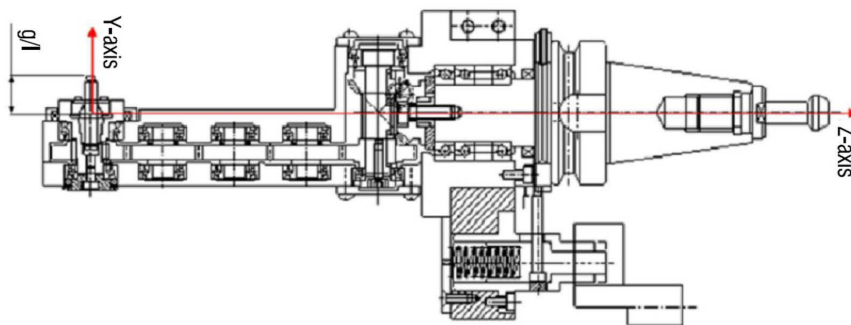
도면6



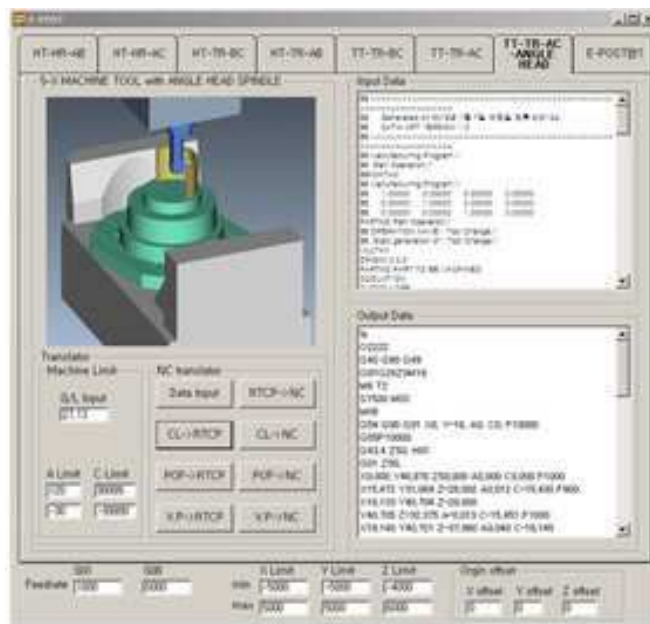
도면7



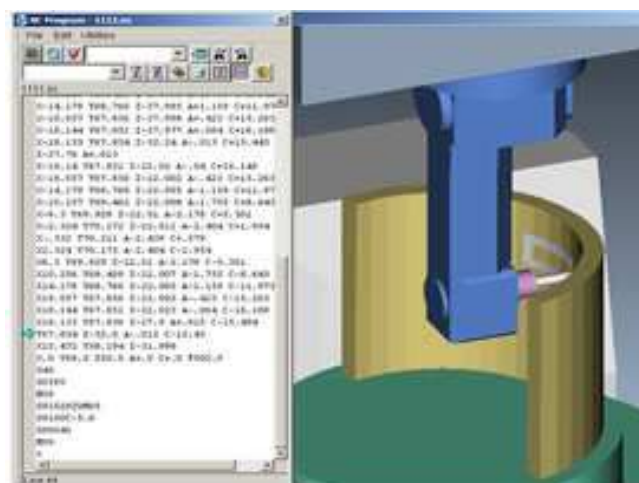
도면8



도면9



도면10



도면11

